

MINISTERE DE LA SANTE
REGION LORRAINE
INSTITUT LORRAIN DE FORMATION EN MASSO-KINESITHERAPIE
DE NANCY

**THERAPIE ROBOTISEE APPLIQUEE A LA MAIN :
IMPACT CHEZ LE PATIENT HEMIPLEGIQUE**

Mémoire présenté par **Frédéric NEYBECKER**
Étudiant en 3^{ème} année de masso-kinésithérapie
en vue de l'obtention du Diplôme d'Etat
de Masseur-Kinésithérapeute.
2013-2014.

SOMMAIRE

	Page
RESUME	
1. INTRODUCTION	1
2. METHODES DE RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE	2
3. DONNEES NEUROPHYSIOLOGIQUES ET NEUROPHYSIOPATHOLOGIQUES	4
3.1. La main.....	4
3.2. La main de l'hémiplégique.....	4
3.3. Mécanismes de récupération et de restauration	5
4. INTERETS DE LA REEDUCATION ROBOTIQUE CENTREE SUR LA MAIN.....	5
4.1 Apprentissage moteur et rééducation robotisée	5
4.1.1. Intensité et répétitivité	6
4.1.3. Exercices orientés sur la tâche.....	7
4.1.4. Systèmes aidants.....	7
4.1.5. Difficulté adaptée	8
4.1.6. Quantification des performances et Feedback.....	8
4.1.7. Environnement virtuel.....	9
4.2. Limites.....	9
4.3. Différents types d'appareils	9
4.3.1. Robots à interface libre.....	10
4.3.2. Robots mobilisant exclusivement les articulations métacarpo-phalangiennes.....	10
4.3.3. Robots réalisant un mouvement global d'ouverture/fermeture	11
4.3.4. Robots travaillant la dissociation des doigts	14
4.4. Résultats	16
5. REFLEXION SUR UN APPAREIL : LE JEU GUITAR HERO.....	18
5.1. Systèmes robotisés et systèmes mécaniques	19

5.2. Cahier des charges.....	19
5.3. Présentation du jeu vidéo Guitar Hero	20
5.4. Critères d'inclusion/exclusion.....	22
5.5. Propositions d'améliorations.....	23
6. DISCUSSION.....	24
7. CONCLUSION.....	27
8. BIBLIOGRAPHIE.....	
9. ANNEXES	

RESUME :

L'atteinte de la main, suite à un AVC, a un retentissement important sur la qualité de vie des patients et la récupération de sa fonction est un des challenges les plus difficiles de la rééducation. Ce travail a pour objectif, dans un premier temps, de recenser à travers la littérature, les principaux appareils robotiques centrés sur la main et d'examiner leurs influences sur la récupération du patient hémiplegique.

La thérapie robotique est particulièrement intéressante dans la rééducation du membre supérieur et va dans le sens des recommandations récentes de prise en charge du patient hémiplegique. Elle fait partie des thérapies innovantes mises en place dans l'optique d'améliorer l'apprentissage moteur en facilitant les mécanismes de neuroplasticité. Elle a montré ses facultés à donner un caractère intensif, répétitif et tâches-orientées à la rééducation. Sa transposition sur la partie distale du membre supérieur est récente et tend à se développer. Plusieurs des études consultées témoignent de l'efficacité de la rééducation robotisée de la main pour améliorer la motricité et la fonction du membre supérieur. Cependant la démocratisation de cette thérapie, prometteuse à l'évidence, est freinée par les coûts élevés que représentent ces robots.

Dans un deuxième temps est proposée l'utilisation du jeu vidéo Guitar Hero pour la rééducation de la main de la personne hémiplegique. Ce jeu se pratique via un appareil simple et peu coûteux qui bénéficie des principaux avantages permis par la thérapie robotisée. L'efficacité clinique de ce système permettrait de démocratiser la thérapie robotique en ouvrant son accès à un plus grand nombre de patient.

Mots clé : Robotique, Main, Rééducation, AVC, Hémiplegie

Robotic, Hand, Rehabilitation, Stroke, Hemiplegia

1. INTRODUCTION

D'après les données de l'institut de veille sanitaire publiées en 2012, l'accident vasculaire cérébral (AVC) survient en moyenne à 73 ans et touche environ 130 000 personnes par an. C'est une maladie cérébrovasculaire qui est une cause majeure de handicap acquis de l'adulte, la deuxième cause de démence après la maladie d'Alzheimer, et la troisième cause de mortalité en France (1). Les lésions vasculaires cérébrales sont fréquemment associées à un tableau d'hémiplégie ou d'hémi-parésie. Celles-ci se traduisent par une paralysie totale ou partielle d'un hémicorps, associée le plus souvent à des atteintes sensitives, sensorielles et cognitives (2). L'American Heart Association retrouve une atteinte du membre supérieur dans 80% des cas (3). Son utilisation et son habileté lors des activités de la vie quotidienne telle que l'alimentation, l'habillage, la toilette ou les manipulations d'objets conditionne directement l'autonomie du patient. La restauration de sa fonction est donc un enjeu majeur de la rééducation. Néanmoins, le pronostic de récupération reste souvent défavorable (4). Celui-ci semble dépendant de la nature et de l'importance du déficit initial (5). Ainsi, malgré la mise en application d'un programme de rééducation intensive permettant d'améliorer la motricité (6), seuls 5 à 20% des patients réintègrent leur membre supérieur dans la fonction motrice (7). Les équipes de recherche s'orientent vers des méthodes alternatives proposant des thérapies innovantes. La rééducation robotique s'inscrit dans une démarche d'optimisation de la prise en charge du patient hémiplégique (7-9). Elle a fait l'objet d'études mettant en lumière ses caractéristiques « tâches-orientées », intensives et répétitives (4). Les spécificités de cet entraînement et ses bénéfices sont confirmés par les explorations fonctionnelles révélant les mécanismes de neuroplasticité. (6-8-10-11). Ces résultats sont à l'origine de l'organisation des pratiques recommandées selon les règles de l'Evidence Based Practice.

La rééducation robotisée permet d'adapter progressivement la difficulté de la situation d'entraînement, d'objectiver les performances des patients et de profiter d'un environnement virtuel stimulant la concentration et la motivation du patient. Initialement développée pour les articulations proximales du membre supérieur (coude/épaule/poignet), plusieurs études ont pu constater des bénéfices sur le contrôle moteur grâce à cette thérapie (4-13). Cependant les progrès obtenus restent localisés aux articulations travaillées sans concerner l'ensemble du

membre supérieur (11-14) et ne permettent pas d'amélioration dans les activités de la vie journalière (AVJ) (4-14). Comme l'évoque Hu dans une publication en 2013, la fonction du bras est liée à celle de la main ainsi qu'à la dextérité des doigts (10-11) et leurs contrôles sont déterminants dans l'autonomie sociale du patient (12). Il semble nécessaire d'intégrer la partie distale du membre supérieur dans la prise en charge par systèmes robotisés afin d'optimiser sa réintégration et celle du membre supérieur dans son ensemble lors des activités de la vie quotidienne (3). Cette thérapie a pour but de stimuler les mécanismes de neuroplasticité et est donc, comme les autres méthodes thérapeutiques, soumise à certaines limites. Aussi l'objectif n'est pas de faire retrouver au patient une main identique à ce qu'elle était, mais plutôt de lui permettre la meilleure habileté possible.

Ces appareils sont toutefois plus délicats à concevoir que ceux destinés à un usage proximal et intègrent de nombreux paramètres anatomiques et fonctionnels propres à la main. La thérapie robotisée semble prometteuse, bien que son coût soit susceptible de limiter sa diffusion en pratique clinique classique. Ce travail a pour objectif de recenser, à travers la littérature, la plupart des appareils robotiques centrées sur la main, d'examiner leur influence sur la récupération du patient hémiplegique et de proposer une réflexion sur la transposition d'un appareil simple et économique présentant les avantages de la thérapie robotique.

2. METHODES DE RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

A partir du moteur de recherche « **Pubmed** », les publications retenues entre 2008 et 2013 ont été choisies avec les mots clés associés :

« Fingers, Stroke/Physiopathology, Stroke/Rehabilitation »

Parmi les 33 articles obtenus, 17 ont été retenus après lecture des résumés et des mots clés.

Nous avons également interrogé « **The Cochrane Library** » sur les 5 dernières années, avec les mots clés :

« Fingers, Stroke, Rehabilitation »

Parmi les 38 articles répondant à ces critères, 3 ont été retenus.

Nous avons ensuite consulté « EM-Premium » en recherchant dans « Titre, Mots Clés, Résumé », depuis 2008 avec les mots clés suivant :

« Doigts*, Robotique*, Rééducation*, Hémiplégie* »

4 articles ont été trouvés ainsi et 3 ont été retenus.

Concernant la plasticité cérébrale, nous avons interrogé le moteur de recherche Pubmed sur ces 5 dernières années, avec les mots clés :

« Neural, plasticity, finger, rehabilitation, stroke »

13 articles ont été trouvés et 2 ont été retenus.

Une autre recherche a été réalisée sur EM-premium pour connaître les recommandations de prise en charge du membre supérieur chez le patient hémiplégique, en associant dans « mots clés » de 2009 à 2014 :

« Rééducation, membre supérieur, hémiplégie, efficacité »

Les articles sont choisis ou rejetés après lecture des titres et des résumés. 33 résultats sont obtenus, 2 articles sont gardés.

Nous avons également consulté le site de la HAS concernant les synthèses de recommandations de prise en charge du patient hémiplégique. Le site du réseau Canadien contre les accidents cérébrovasculaires, www.strokeengine.ca a aussi été consulté.

En parallèle, une recherche complémentaire concernant l'épidémiologie de l'AVC a été réalisé sur le site de l'Institut National de Veille Sanitaire.

Les articles en accès libre ont été téléchargés par internet. Pour ceux en non accès libre, les auteurs ont été contactés par e-mail. Tous ont donné une réponse positive. Quelques articles n'ont cependant pas pu être récupérés car l'adresse e-mail des auteurs n'était pas disponible.

3. DONNEES NEUROPHYSIOLOGIQUES ET NEUROPHYSIOPATHOLOGIQUES

3.1. La main

La main est un organe fonctionnel complexe à 21 degrés de liberté (15). Elle comprend de nombreuses articulations et un système musculaire important, permettant des prises diversifiées allant des pinces de précision utilisant la pulpe des doigts, jusqu'à la prise de puissance faisant intervenir l'ensemble de la main. Une coordination très importante est nécessaire pour maîtriser ces mouvements. Par exemple, l'index reçoit 7 insertions musculaires différentes, et un mouvement simple demande un travail synchrone de plusieurs de ces muscles (16).

3.2. La main de l'hémiplégique

En fonction des territoires concernés par l'AVC, des déficiences différentes de la main peuvent être constatées. Son atteinte est fréquente et peut s'expliquer en partie par la topographie importante qu'elle occupe dans l'homonculus moteur et sensitif. L'atteinte de la représentation corticale de la main peut avoir plusieurs conséquences. Les déficiences de sensibilité tactile et proprioceptive retrouvées diminuent le feedback physiologique et sont partiellement responsables du manque de coordination. Les troubles de l'organisation motrice se caractérisent par une altération ou une extinction de la commande volontaire, à laquelle peut s'adjoindre une majoration du tonus musculaire (spasticité) susceptible d'entraîner une diminution des amplitudes articulaires. La combinaison des atteintes sensitives et motrices est responsable de la diminution de la dextérité et de la difficulté à mouvoir les doigts de façon indépendante avec des répercussions directes sur l'habileté de la main (8).

3.3. Mécanismes de récupération et de restauration

Les déficiences constatées après un AVC sont partiellement réversibles. La reperfusion de la pénombre ischémique permise par la prise en charge médicale précoce d'un AVC favorise la récupération future. D'autre part, la réhabilitation du patient est basée sur les capacités du système nerveux central à se réorganiser (17).

Les apports de connaissances sur la neuroplasticité post-lésionnelle et les facteurs d'apprentissage pouvant la stimuler ont permis dans le cadre de l'Evidence Based Practice d'établir des principes guidant le développement des techniques de rééducation actuelle (18). Ces principes sont l'augmentation de l'intensivité, la répétition des exercices, et le caractère tâches-orientées de la prise en charge (6-8-10-11-12). La répétition intensive du geste dans un objectif fonctionnel est donc aujourd'hui une des bases de la rééducation du membre supérieur chez la personne hémiplegique (18).

Les progrès obtenus grâce à la rééducation actuelle sont cependant modestes et témoignent des limites existantes dans la récupération. Les ambitions de la thérapie ne sont pas de retrouver un membre identique à ce qu'il était avant, mais plutôt un membre fonctionnel qui permettra la meilleure autonomie possible et qui limitera au maximum les situations de désavantages.

4. INTERETS DE LA REEDUCATION ROBOTIQUE CENTREE SUR LA MAIN

4.1 Apprentissage moteur et rééducation robotisée

La rééducation par robotique du membre supérieur a débuté dans les années 90 avec le MIT MANUS. Ce robot a été conçu pour permettre d'augmenter l'intensité de la rééducation, en permettant au patient de réaliser une répétition importante de mouvements (13). Une étude contrôlée randomisée a montré le bénéfice de son utilisation pour le membre supérieur lors d'hémiplégies sévères (13) et a encouragé la conception d'autres robots.

Même si la thérapie robotique a démontré son efficacité pour la partie proximale du membre supérieur, la transposition à son utilisation pour la main a été plus tardive (3). Un des éléments déclencheurs a été le fait que les progrès retrouvés grâce à cette rééducation se cantonnent aux articulations entraînées (14), et qu'ils ne permettent pas de progrès dans les activités fonctionnelles (4-14). La main étant l'effecteur terminal du membre supérieur, la fonction du bras est particulièrement sous la dépendance de la fonctionnalité de celle-ci (10-11). Toute lésion distale a donc des conséquences sur l'ensemble du membre. La thérapie robotique centrée sur la main semble intéressante à mettre en place, avec comme double objectif d'améliorer la motricité de la main et de réintégrer le membre supérieur dans les AVJ. L'intérêt suscité par ces systèmes est grandissant et favorise la conception de nouveaux appareils (3).

Nous présentons ici les différentes caractéristiques permises par la rééducation robotique et leurs relations avec l'apprentissage moteur du patient hémiparétique.

4.1.1. Intensité et répétitivité

L'intensification de la prise en charge consiste à augmenter le volume horaire total de rééducation. Elle permet d'améliorer significativement le pronostic fonctionnel de préhension lorsqu'elle est proposée en phase subaiguë (inférieur à 6 mois) (18). Oujamaa estime à 25 heures le temps de rééducation nécessaire pour objectiver un gain fonctionnel cliniquement significatif dans les atteintes modérées (18). Le développement de nouvelles techniques de réapprentissage moteur vise donc une augmentation du nombre d'heures de rééducation, notamment grâce à la répétition de mouvements qui permettent de solliciter et de favoriser la réorganisation des réseaux neuronaux survivants (11). Les limites de cette augmentation horaire se situent dans la motivation du patient qui peut diminuer après plusieurs semaines (10) et dans la nécessité d'une disponibilité importante des thérapeutes. La thérapie robotique permet cette intensité et cette répétitivité tout en conservant un aspect motivationnel pour la rééducation, en résolvant la question du coût humain (18).

4.1.3. Exercices orientés sur la tâche

Les exercices proposés doivent être orientés vers une tâche avec des objectifs concrets (pointage de cibles, suivi de trajectoires...) (10), se rapprochant si possible des activités de la vie quotidienne du patient afin de pouvoir favoriser une généralisation des gains moteurs dans des activités fonctionnelles. Des études de neuro-imagerie ont montré que les tâches motrices sont organisées par des réseaux neuronaux différents en fonction de leurs associations ou non à un objectif (19). La rééducation robotisée propose des exercices orientés sur la tâche grâce à une interface homme-machine associée à l'utilisation de l'informatique.

4.1.4. Systèmes aidants

Les systèmes robotisés sont utilisés de différentes manières. Ils peuvent assister le patient dans son mouvement, le laisser libre et seulement l'accompagner ou imposer une résistance. Le mode actif aidé est particulièrement intéressant car il permet aux patients qui n'ont pas encore une motricité suffisante de participer activement à la thérapie, notamment pour l'ouverture de la main fréquemment atteinte chez les patients hémiplegiques (20). Lambercy démontre que la participation active est indispensable pour augmenter la force, l'endurance, la coordination des articulations et pour faciliter l'apprentissage moteur (12). Le mode assisté permet des mouvements plus normalement coordonnés et donc un signal afférent mieux organisé pour les zones sensori-motrices du cerveau. Ceci favorise l'intégration du signal et explique les gains plus importants obtenus avec cette méthode (12). Le mode résistant est également intéressant pour la rééducation des patients avec une atteinte modérée ou dans la progression de l'entraînement.

4.1.5. Difficulté adaptée

La difficulté des exercices est ajustable en réglant l'aide fournie au patient et la difficulté de la tâche. Ceci permet de favoriser l'apprentissage en choisissant une difficulté ni trop élevée pour éviter le manque de motivation, ni trop simple pour pouvoir entretenir un challenge (12).

4.1.6. Quantification des performances et Feedback

Certains appareils peuvent également être utilisés comme outils d'évaluations quantitatifs en mesurant différentes données propres à un mouvement telles que la force exercée, l'amplitude, la vitesse... Ces informations peuvent être exploitées pour quantifier l'évolution des performances tout au long de la rééducation. Cet aspect est particulièrement intéressant pour les appareils centrés sur la main car de nombreux tests existent pour quantifier les performances de celle-ci sur le plan fonctionnel mais aucun ne permet de véritablement rendre compte de l'atteinte du contrôle fin de la main et de la coordination des différents doigts (6). En effet les tests classiquement utilisés sont soumis aux seuils plafonds et ne permettent pas, chez les patients avec une atteinte légère, de faire ressortir des données quantitatives concernant la vitesse, la force l'endurance du mouvement... (10). La connaissance par le patient des résultats et du niveau de difficulté est probablement un facteur important de motivation et favorise son engagement pour la rééducation (18).

La mesure et la quantification de certaines données fournissent également un feedback instantané au patient. Cette rétro-information peut être différente selon les périphériques utilisés et peut aller de la représentation grossière d'une cible jusqu'à une immersion dans un environnement virtuel interactif. Elle est donnée le plus souvent sous forme auditive, visuelle ou tactile et facilite l'apprentissage moteur (12).

4.1.7. Environnement virtuel

Les exercices classiques, surtout lorsqu'ils sont intensivement répétés, peuvent sembler monotones pour le patient et diminuer sa concentration et sa motivation au fil des entraînements (12). La rééducation du membre supérieur est longue et les progrès obtenus souvent insuffisants aux yeux du patient. La possibilité d'association entre thérapie robotique et environnement virtuel permet une rééducation ludique. Elle utilise le jeu qui n'est alors qu'un artifice pour encourager la réalisation de mouvements adaptés, stimulant motivation et concentration du patient (12). Les activités tâches-orientées sont multiples et n'ont pour limite que l'imagination des programmeurs informatiques.

4.2. Limites

Les limites de cette thérapie sont principalement la grande complexité de conception des appareils avec comme conséquence un prix de commercialisation très élevé. C'est pourquoi beaucoup d'appareils ont été conçus et testés, mais très peu d'entre eux sont actuellement disponibles sur le marché. Robertson et al. reconnaissent que peu de patients ont accès à des systèmes robotisés dans le cadre de leur rééducation (5).

4.3. Différents types d'appareils

Lors de notre recherche bibliographique, différents systèmes robotisés ont été trouvés. Ces appareils peuvent prendre plusieurs formes et ont, pour la plupart, leurs caractéristiques propres. Ils sont classés en fonction des mouvements de la main qu'ils permettent.

4.3.1. Robots à interface libre

Kazemi et al. (8) ont conçus un appareil ciblant selon lui les 3 fonctions principalement déficitaires de la main de la personne hémiplegique, à savoir la diminution de l'extension active des doigts et du poignet, la diminution de la dextérité de la main dûe au manque de coordination du poignet et des doigts et la réduction de la force de préhension. Le robot possède 2 degrés de liberté qui correspondent à l'ouverture/fermeture des doigts et à la prono-supination. Le patient interagit avec l'interface grâce à une pince entre le pouce et les autres doigts longs. L'appareil permet de travailler la force de préhension et l'ouverture de la main. Il mesure aussi différents paramètres comme l'amplitude d'ouverture et de fermeture de la main ainsi que la force exercée par le sujet. Cet outil est relié à un ordinateur afin de permettre un feedback direct lors de l'exercice.

Hsu et al. (22) se sont orientés vers le traitement de déficiences essentiellement sensitives. Ils utilisent le Computerized Evaluation and Re-Education biofeedback (CERB), un cube possédant différents capteurs lui permettant de mesurer la force de préhension exercée et l'accélération du mouvement. Le patient le saisit avec une prise en pince. Ce cube est relié à une interface informatique qui permet de donner un feedback en direct sur la force de préhension à atteindre par le patient. L'hypothèse émise est que l'utilisation d'un système donnant des informations interactives en direct facilite l'apprentissage moteur et enseigne une stratégie de contrôle sensorimoteur pour compenser les déficits sensitifs. Une augmentation de la force de préhension et une amélioration aux tests fonctionnels ont été constatées après un entraînement d'un mois.

4.3.2. Robots mobilisant exclusivement les articulations métacarpo-phalangiennes

Shindo et al. (23) ont couplé une orthèse mécanique capable de mobiliser les métacarpo-phalangiennes en flexion/extension avec une surveillance de la commande du mouvement par électroencéphalogramme. Un écran donnant un feedback visuel est installé

devant le patient. L'hypothèse émise est que le feedback permet par cette interface peut faciliter les mécanismes de plasticité cérébrale. Le protocole mis en place utilise une alternance d'ouverture/fermeture entre la main saine et la main lésée, et un entraînement par feedback visuel où il est demandé au patient d'imaginer une ouverture de la main, à laquelle est associée une ouverture passive réalisée par l'orthèse. L'EEG signale au patient si l'imagerie mentale est bien effectuée. Après une quinzaine de séances espacées sur 4 à 7 mois, une amélioration dans les tests fonctionnels est retrouvée.

4.3.3. Robots réalisant un mouvement global d'ouverture/fermeture

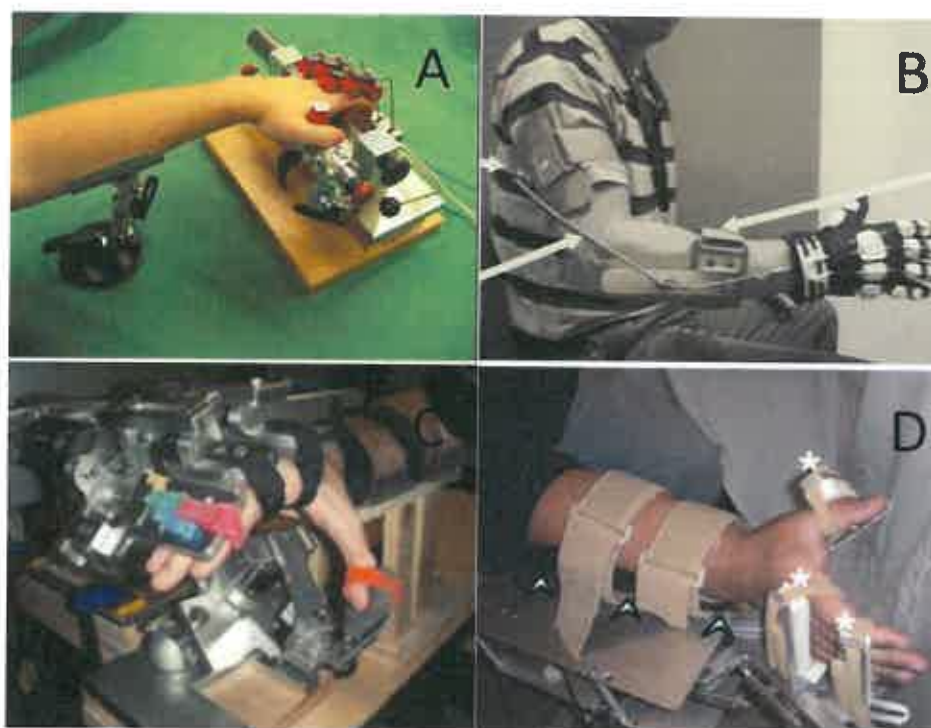


Figure 1 : (A) Finger Trainer de HESSE (2008) (B) Cable Orthosis de Fisher (2007) (C) HEXORR de Schabowsky (2010) (D) L'appareil utilisé par Takahashi (2008)

Hesse et al. (13) ont développé le « Finger Trainer », permettant de mobiliser passivement les 4 doigts longs selon un mouvement d'ouverture/fermeture physiologique, avec un compartiment individualisé pour chaque doigt. La population testée inclue des patients en phase subaigüe. Les patients reçoivent 20 minutes de thérapie par jour en plus d'une rééducation conventionnelle pendant 1 mois. La consigne donnée est de se concentrer sur les informations reçues par la main et d'essayer de participer au mouvement. Les résultats montrent une augmentation significative du score distal du Fugl Meyer par rapport au groupe contrôle.

Schabowsky et al. (3) ont développé l'Hand EXOskeleton Rehabilitation Robot (HEXORR), un exosquelette contrôlant séparément les mouvements du pouce et des doigts. Tous les degrés de liberté physiologiques de la main sont autorisés. Les mobilisations peuvent se faire de manières passives, actives ou actives aidées. HEXORR permet au patient de mobiliser plus facilement leur main dans des trajectoires physiologiques.

Fisher et al. (24) ont mis au point deux appareils différents. Le premier, le « Cable Orthosis » assiste l'extension des doigts par un système de câblage, de telle sorte qu'une flexion d'épaule ou une extension de coude facilite le mouvement d'extension des doigts. Le patient gère donc l'assistance nécessaire et c'est la tension du câble mesurée par un appareil qui lui permet d'avoir un feedback instantané. Le deuxième appareil est le « Pneumatic Orthosis » qui assiste l'extension des doigts par l'intermédiaire de chambres pneumatiques situé sur la face palmaire et favorise l'extension en se gonflant. Le volume nécessaire est réglé grâce à deux goniomètres électroniques disposés sur l'inter-phalangienne proximale et l'articulation métacarpo-phalangienne. Les exercices proposés sont des préhensions/relâchements et des déplacements d'objets réels et virtuels. Les objets virtuels sont représentés sur l'écran d'un ordinateur. Pour les patients utilisant le « Cable Orthosis », la consigne est de solliciter le plus possible les capacités de leurs mains en ayant recours à minima à l'aide fournie. Les résultats obtenus après 6 semaines d'utilisation montrent une amélioration quantitative de plusieurs tests mais ne mettent pas en évidence de changements

significatifs lors des différentes mesures fonctionnelles effectuées (force de préhension, spasticité...).

Takahashi et al. (25) utilisent le « Hand Wrist Assistive Rehabilitation Device » (HWARD), un appareil pneumatique à 3 degrés de liberté (flexion/extension des doigts, du pouce et du poignet) assistant l'ouverture/fermeture de la main. Il est relié à un ordinateur. Dans un premiers temps, les patients réalisent une ouverture/fermeture de la main en suivant des consignes affichées à l'écran. Un objet est placé dans la main du patient lors de la fermeture et il est interrogé sur les différents paramètres de celui-ci, tels que sa température, sa texture, sa forme, sa fonctionnalité... Dans un deuxième temps, des exercices sous forme de jeu grâce à un environnement virtuel sont proposés. Tous les sujets ont montré des gains significatifs sur la fonction motrice de la main et également sur les articulations distales du membre supérieur, bénéfices conservés à 1 mois.

Hu et al. (11) ont mis au point un robot guidé par électromyographie. L'ouverture de la main est commandée par une contraction des extenseurs des doigts et sa fermeture par la contraction du Court Abducteur du pouce. Les 5 doigts sont dissociés entre eux, et possèdent tous 2 degrés de liberté. La tâche demandée est de répéter le déplacement d'une éponge dans un plan horizontal puis vertical pendant 20 minutes. Des progrès significatifs sont constatés au niveau de toutes les articulations du membre supérieur.

Cruz et al. (16) ont conçus le FingerBot. C'est un exosquelette s'attachant de manière individuelle à chaque phalange de l'index, ce qui laisse une indépendance de toutes les articulations par rapport aux autres. Cet appareil est relié à un ordinateur qui indique, sur un écran, la position de l'index. La tâche consiste à déplacer le curseur représentant le doigt au même endroit qu'une cible placée aléatoirement. Un feedback sonore et visuel signale au patient l'échec ou la réussite de l'opération.

4.3.4. Robots travaillant la dissociation des doigts

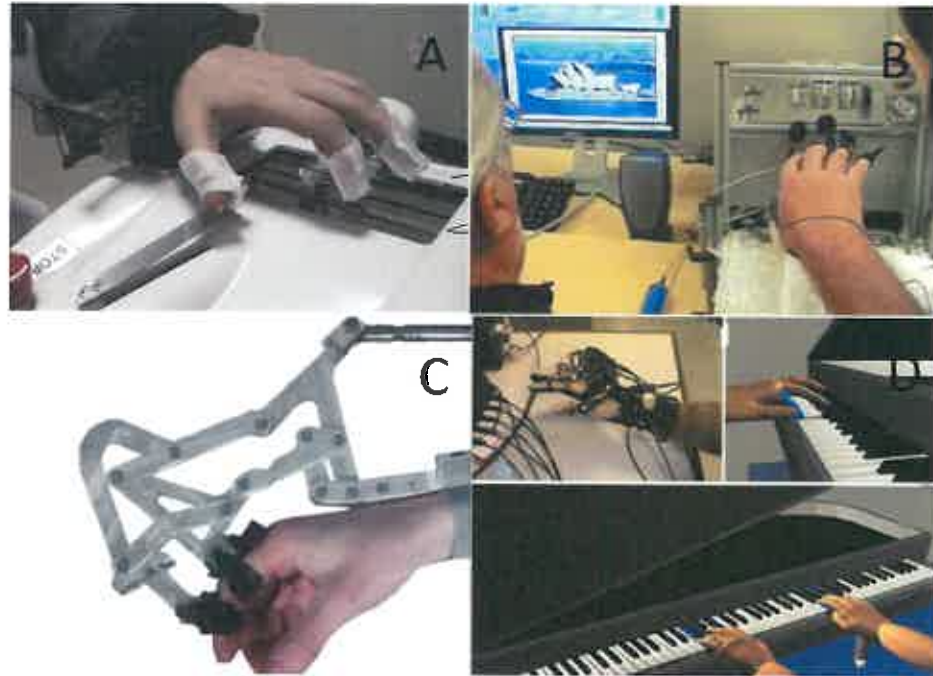


Figure 2: (A) L'Amadeo utilisé par Hwang (2012) (B) Le HANDCARE de Lambercy (2009) (C) Le FINGER de Taheri (2012) (D) Le CyberGrasp utilisé par Adamovich (2009)

Adamovich et al. (6) utilisent un exosquelette, le CyberGrasp, associé à une interface informatique qui peut simuler l'utilisation d'un piano comportant un feedback visuel, auditif et tactile. Une assistance est possible et s'adapte tous au long de l'exercice aux possibilités du patient afin d'ajuster le niveau de difficulté. Des partitions peuvent être jouées avec 1 ou 2 mains. Ce dispositif sollicite le travail des articulations distales et proximales simultanément ou cible seulement la partie distale. La main « virtuelle » est présentée comme vue à la première personne sur l'écran afin de faciliter le feedback visuel. Les tests réalisés sur 4 patients hémiplegiques chroniques ont montré des progrès légers aux tests fonctionnels après 8 séances de 90 minutes.

Hwang et al. (14) ont conçu un robot individualisant chaque doigt, pouce compris et autorisant des degrés de liberté normaux grâce à des attaches se faisant sur la partie distale des doigts. Le poignet est immobilisé avec un velcro, ce qui inhibe le coude et l'épaule. Les informations sont transmises en temps réel à un ordinateur qui permet d'afficher un feedback à l'écran. La synchronisation des doigts y est représentée par 5 colonnes. Une aide au mouvement est possible suivant les difficultés rencontrées. Le patient réalise tout d'abord des mouvements d'ouverture/fermeture à l'aide du feedback présent, puis réalise des exercices ludiques grâce à un environnement virtuel. Après 20 séances en 4 semaines, tous les patients ont montré des progrès significatifs à plusieurs tests et ceux-ci sont maintenus un mois après l'arrêt du traitement.

Altenmüller et al. (9) se sont orientés vers la thérapie musicale et utilisent un piano et une batterie adaptée. Un piano à huit touches pour cibler la motricité fine et une « batterie » à huit « touches » circulaires pour cibler la motricité grossière. Ils sont reliés à un ordinateur pour pouvoir procurer différents feedbacks. Ils peuvent se jouer avec une seule ou les 2 mains. La difficulté s'adapte en fonction du patient grâce à différents niveaux qui permettent de suivre l'évolution du patient. Les résultats montrent une amélioration marquée de la fonction motrice fine et grossière.

Taheri et al. (21) ont conçus un appareil capable de dissocier les mouvements de flexion/extension de l'index et du majeur. Ils l'ont nommé FINGER (Finger Individuating Grasp Exercise Robot). Cet appareil est relié à un ordinateur, et utilise une adaptation du jeu vidéo Guitar Hero. La tâche demandée consiste à mouvoir ses doigts dans un timing précis pour atteindre des cibles. Les patients peuvent jouer 3 notes différentes : une en fléchissant l'index, une en fléchissant le majeur et la dernière en faisant une flexion simultanée de ces 2 doigts. Le robot peut fournir une assistance qui s'adapte en fonction de la réussite du patient.

Lambercy et al. (12) ont développé le HandCARE (Hand Cable Assisted REhabilitation). Un câble différent est relié à chaque doigt et permet de travailler selon 3 modes : passif où le patient mobilise son doigt en autonomie, actif où le mouvement du patient est aidé et bloqué où le mouvement n'est pas permis. L'appareil est relié à un ordinateur et donne un feedback auditif, visuel et tactile. Chaque doigt peut être mobilisé individuellement, ce qui permet de travailler toutes les prises utilisées dans les AVJ. L'objectif de cet appareil est de pouvoir contrôler individuellement chacun des doigts pour pouvoir améliorer leur coordination.

4.4. Résultats

La plupart de ces systèmes ont été testés sur des populations comptant le plus souvent une dizaine de patients. Seul Altenmüller et al. ont testé leur appareil sur 32 sujets. Hormis les différences existantes entre les appareils utilisés, des divergences existent entre ces études et compliquent leurs comparaisons. Sont inclus dans ces études des sujets hémiplegiques en phase aiguë, subaiguë ou chronique avec des atteintes allant de légères à sévères. Les protocoles appliqués vont de 3 semaines à 7 mois avec une moyenne d'environ 4 semaines. Les évaluations fonctionnelles les plus souvent retrouvées sont Fugl-Meyer, Box and Blocks test, 9-hole pegboard test, Action Research Arm Test, Jebsen Taylor hand function, Wolf Motor function test et des tests spécifiques tels que l'échelle d'Ashworth modifiée et la mesure de la force de préhension. Ils sont proposés au début, à la fin et en post-protocole d'entraînement. Tous ces éléments sont répertoriés dans le tableau exposé en annexe 1.

Les résultats présentés par ces différentes études sont encourageants. Le score de Fugl-Meyer est le plus utilisé pour quantifier l'état fonctionnel du membre supérieur. L'utilisation de ce test est retrouvée dans 7 études sur les 14 présentées. Une augmentation de ce score est constatée dans 6 études. Les autres essais n'utilisant pas le score de Fugl Meyer constatent tous également des améliorations, certaines au niveau des tests fonctionnels, d'autres au niveau de la force de préhensions ou du score de spasticité ainsi que sur les mouvements

dissociés des doigts. Aucun article ne signale d'effets secondaires négatifs dûs à la thérapie. Elle est, de plus, bien accueillie par les patients. La principale limite retrouvée lors de ces tests est le faible nombre de patients inclus. Les auteurs ne peuvent donc se prononcer avec certitude quant à l'efficacité des appareils étudiés même si les résultats semblent plutôt favorables.

3 articles se détachent cependant et affirment que la fonction de la main progresse grâce à une thérapie robotique centrée sur la main.

Takahashi et al. ont inclus dans leur étude 13 patients hémiparétiques, tous à plus de 3 mois de leur AVC. Ceux-ci sont divisés en 2 groupes. Un groupe dit « Actif assisté » qui bénéficie directement de l'aide fournie par l'appareil et un groupe « Actif non Assisté » qui bénéficie de l'aide seulement dans la deuxième partie du protocole (à la moitié des séances). Après 3 semaines de thérapie, à raison de 5 séances d'1h30 par semaine, tous les patients montrent des gains significatifs. Les scores fonctionnels de l'Action Research Arm Test (ARAT), du Box and Blocks test et du Fugl-Meyer sont augmentés. A noter que ces gains sont retrouvés sur la partie proximale et distale du membre supérieur pour l'évaluation Fugl-Meyer. La spasticité a diminué et la force de préhension a augmenté. Une augmentation significative du volume de l'aire cérébrale représentative de la tâche de préhension est également retrouvée à l'IRM fonctionnelle. Takahashi suggère également que les résultats sont dose-dépendants et que les bénéfices sont meilleurs dans le groupe qui bénéficie directement de la thérapie assistée.

Hwang et al. ont mené une étude prospective randomisée en simple aveugle, dans laquelle ils utilisent les mêmes critères d'inclusion et d'exclusion que Takahashi. Les tests sont réalisés sur 17 patients. La durée d'entraînement est de 40 minutes, avec 5 séances par semaine pendant 4 semaines. Tous les patients ont montré des progrès pour ces tests : Jebsen Taylor test, Fugl-Meyer, goniométrie active de l'articulation métacarpo-phalangienne de l'index, force de préhension et force de la pince pouce-index. Cette étude n'inclut pas

d'échelles telles que la Mesure d'Indépendance Fonctionnelle (MIF) ou l'index de Barthel et l'incidence de la thérapie sur les AVJ n'est donc pas connue. Ces progrès sont maintenus 1 mois après l'arrêt de l'entraînement et les données suggèrent qu'ils sont dose-dépendants. L'étude conclue donc que des progrès significatifs des fonctions motrices de la main sont possible grâce à cette thérapie.

Altenmuller et Al ont conduit une étude sur 62 patients ayant une hémiplegie modérée, divisés en 2 groupes. Un groupe contrôle de 30 patients qui reçoit un traitement conventionnel (Ergothérapie, Kinésithérapie) et un groupe « musique » de 32 patients qui profite des appareils conçus en plus de la rééducation normale. Le groupe musique reçoit 15 séances de 30 minutes sur une durée de 3 semaines. En fonction de leur capacités, certains utilisent seulement le « piano » (16 patients), seulement la « batterie » (2 patients) ou alors les 2 appareils (14 patients). Les 2 mains sont sollicitées. La difficulté est toujours adaptée aux patients. Les exercices proposés sont sous forme de niveau. Si le patient réussit, il passe au niveau supérieur, sinon il recommence. Les tests réalisés sont l'Action Research Arm Test, le Box and block test, l'Arm Paresis score et le 9-Hole Pegboard Test. Un électroencéphalogramme est également réalisé. Des progrès sont constatés par rapport au groupe contrôle avec une amélioration significative de l'ensemble des paramètres mesurés et des changements électrophysiologiques indiquant une meilleure activation du cortex moteur. Les auteurs concluent que cette thérapie facilite la réorganisation neuronale.

5. REFLEXION SUR UN APPAREIL : LE JEU GUITAR HERO

La thérapie robotique est particulièrement intéressante dans la rééducation du membre supérieur et va dans le sens des recommandations récentes de prise en charge du patient hémiplegique (18). Le peu d'appareils commercialisés et leurs prix très élevés limitent leurs utilisations à un nombre réduit de sujets (5). L'objectif de cette partie est d'initier une réflexion sur la possibilité de transposer à des fins rééducatives un appareil ayant un maximum de caractéristiques en commun avec les appareils étudiés tout en restant assez

simple dans sa conception. Le but final est d'avoir un appareil simple dans son fonctionnement et peu coûteux permettant une démocratisation de la thérapie robotique et son utilisation par un grand nombre de patients.

5.1. Systèmes robotisés et systèmes mécaniques

Ils existent 2 types d'appareils. Les systèmes robotisés qui ont l'avantage de pouvoir assister les mouvements des patients et les systèmes mécaniques qui ne le permettent pas. Ils sont beaucoup moins compliqués et également beaucoup moins chers. Ils profitent de tous les avantages liés à la rééducation robotique hormis la possibilité de l'aide aux mouvements. Ces systèmes sont également efficaces et Takahashi suggère même qu'ils pourraient, en augmentant le temps d'entraînement, l'être autant que les appareils robotisés (25). Leur désavantage est de ne pouvoir être utilisés en cas d'atteinte sévère ou en phase aigüe lorsqu'il n'y a encore aucune récupération motrice. Pour favoriser la conception d'un appareil simple et peu coûteux, les équipes doivent forcément s'orienter vers ces systèmes mécaniques.

5.2. Cahier des charges

Pour déterminer les différentes caractéristiques dont doit disposer l'appareil nous semblant le plus adapté, ceux conçus par Hwang, Takahashi et Altenmüller sont pris en exemple. Ils ont en effet obtenus les meilleurs résultats dans les études analysées. L'appareil recherché doit donc être en mesure de pouvoir travailler la dissociation des doigts en donnant un feedback instantané aux patients. Son utilisation doit être ludique en étant associée à une activité de type jeu vidéo qui nécessite un contrôle et un timing précis. Les mouvements réalisés sont guidés par l'appareil tout en leur laissant le plus de degrés de liberté possibles. Les exercices proposés sont réalisables par des patients hémiplegiques aux capacités motrices diminuées et les performances des patients sont enregistrées afin de pouvoir suivre leurs évolutions pendant le traitement.

Il est nécessaire que l'appareil s'adapte à différentes tailles de mains et à la latéralité de l'atteinte sans imposer de contraintes délétères.

5.3. Présentation du jeu vidéo Guitar Hero

Les progrès des nouvelles technologies ont permis d'ouvrir un nouveau champ dans la rééducation (26). L'utilisation à des fins thérapeutiques de jeux vidéo destinés au grand public n'est plus rare, pour exemple notamment l'utilisation de la Wii et de la Wii Fit qui font l'objet de nombreuses études. Le robot vu précédemment et mis au point par Taheri et al. (21) est également adapté à un jeu vidéo. Celui-ci s'appelle Guitar Hero, il imite l'utilisation d'une guitare. Le but est de jouer des notes dans le timing de celles défilant à l'écran.



Figure 3 : Présentation de l'appareil utilisé dans le jeu Guitar Hero

L'appareil conçu pour ce jeu nous paraît très intéressant. C'est la reproduction d'une guitare avec sur le manche 5 touches de couleurs différentes correspondant à 5 notes différentes, et un « système grattoir » sur le corps de la guitare. Pour valider une note, le joueur doit presser la note correspondante sur le manche et « gratter » dans le timing imposé par une piste déroulante à l'écran. Les touches présentes sur la guitare sont dans le même ordre que les notes présentes à l'écran.



Figure 4 : Partition déroulant à l'écran

La difficulté est fonction du nombre et de la fréquence des notes et du nombre de touches utilisées (3,4 ou 5). Un score calculé en pourcentage de notes réussies est affiché à la fin du morceau.

Ce jeu demande un fonctionnement individuel et dissocié des doigts. Il permet un feedback visuel par l'intermédiaire de l'écran, tactile par les touches pressées et auditif par un son caractéristique qui signale la validation ou non d'une note. Il renseigne les capacités du joueur grâce au score. La guitare peut convenir à toutes tailles de mains et le jeu dispose d'un mode droitier et gaucher.

Une déclinaison existe sur console portable, la Nintendo DS. La main est alors sanglée à l'appareil et les doigts se placent plus naturellement sur les 4 touches disponibles. La contrepartie est que le feedback visuel est perturbé, car les touches sont disposées verticalement alors que les notes représentées à l'écran sont disposées horizontalement.



Figure 5 : Jeu Guitar Hero sur Nintendo DS

Ces 2 appareils possèdent la plupart des caractéristiques présentes sur le cahier des charges. A contrario, certains éléments sont différents par rapport aux robots précités comme par exemple l'absence de touches pour le pouce. Celui-ci est alors utilisé seulement pour tenir la guitare. Il n'y a pas non plus d'attaches permettant aux doigts de rester en place. La position de la main est globalement statique avec peu de mobilité des doigts.

5.4. Critères d'inclusion/exclusion

L'utilisation de ces appareils pour des personnes hémiplegiques peut donc potentiellement améliorer la fonction de la main. Toutefois l'absence d'aide au mouvement et la nécessité de dissocier chaque doigt restreint leurs applications. Les patients pouvant disposer de l'utilisation de ces appareils doivent avoir un minimum de fonction motrice. Une spasticité trop importante des muscles fléchisseurs donnant une attitude en fermeture de la main ne permet pas non plus leur utilisation. La population visée se limite donc à des atteintes légères.

Adamovich et al. (6) qui sollicitent également la dissociation des doigts, ont inclus dans leur étude des patients pouvant faire une extension active des doigts de 10°. Les résultats des tests de la main au Chedoke McMaster Assessment sont compris entre 3 et 6 (échelle de 1

à 7, 7 représentant l'autonomie complète), et le score maximum retrouvé sur l'échelle du Modified Ashworth Scale est de 2/4. 1 patient sur les 4 inclus a besoin d'une assistance pour réaliser la tâche demandée (une flexion dissociée d'environ 45°). Ces données peuvent nous guider dans la population à cibler.

Nous proposons alors, pour les appareils présentés, de cibler une population de personnes hémipariques suite à un accident vasculaire cérébral (ischémique ou hémorragique) qui répondent de cette manière aux tests effectués :

- Chedoke Mc Master assessment supérieur ou égal à 3
- Échelle d'Ashworth modifiée inférieur ou égale à 2
- Possibilité de réaliser une extension active des articulations métacarpo-phalangiennes d'au moins 10°

Les personnes présentant des troubles cognitifs majeurs (hémipariques, apraxie, difficulté de compréhension) ne peuvent être concernées par cette rééducation.

L'utilisation de ces appareils a pour but de stimuler la plasticité neuronale afin d'accroître l'agilité de la main et de favoriser l'utilisation du membre supérieur dans les activités de la vie quotidienne.

5.5. Propositions d'améliorations

D'éventuelles modifications peuvent être proposées pour que ces appareils soient en totale concordance avec le cahier des charges. Un système permettant de maintenir chaque doigt en regard de la touche qu'il doit actionner peut faciliter l'utilisation. Le patient n'aurait ainsi plus qu'à contrôler la contraction et le relâchement des muscles fléchisseurs, sans avoir à contrôler le placement de ses doigts. L'idéal serait un système amovible permettant ainsi de s'adapter aux possibilités motrices. La participation du pouce pourrait également être réalisée en adaptant l'interface par une touche spécifique le sollicitant.

6. DISCUSSION

La HAS, dans sa synthèse de recommandation de 2012 (27) conclut que l'entraînement du membre supérieur par robot, associé à un traitement conventionnel, est recommandé aux phases subaiguës et chroniques afin d'améliorer la motricité mais sans effets validés sur la fonction. Dans le même sens, l'Encyclopédie Médico-Chirurgicale, dans un article de 2011 (5) sur les méthodes de récupération motrice du sujet hémiplégique, conclut que la rééducation robotique peut être efficace mais qu'elle ne se suffit pas à elle seule et doit être accompagnée d'une thérapie à visée fonctionnelle pour favoriser le transfert des gains moteurs vers les AVJ. En effet, beaucoup d'études montrent que les gains engendrés par une rééducation proximale du membre supérieur ne s'étendent pas à la partie distale (14) et n'améliorent pas la fonction. Takahashi démontre qu'inversement, un entraînement de 3 semaines de la partie distale peut engendrer des gains moteurs proximement et une amélioration aux tests fonctionnels. L'hypothèse émise pour expliquer ces résultats est que l'amélioration motrice distale augmentant l'utilisation du membre supérieur est en rapport avec une activation corticale évitant l'évolution vers un syndrome de non-utilisation acquise (18).

De plus il existe une concurrence entre les territoires cérébraux de la partie proximale et distale du membre supérieur. Il est suggéré d'équilibrer les stimulations du membre supérieur dans le but de ne pas sur-représenter corticalement un territoire par rapport à l'autre (6). Des exercices intensifs de la main sous bloc anesthésique de la partie proximale ont montrés des gains fonctionnels notables. Ces résultats viendraient confirmer le principe de la réorganisation des cartes sensorimotrices et de la nécessité de travailler la partie distale sous représentée après un AVC (18). Le développement des nouvelles techniques de réapprentissage moteur a pour objectif de rendre possible la sollicitation motrice précocement et ce sur l'ensemble du membre supérieur même en cas de déficits sévères (18). La thérapie robotique s'inscrit dans cette démarche grâce aux systèmes robotisés rendant possible un entraînement du membre supérieur même avec de faibles capacités motrices.

Néanmoins, des points sont encore à éclaircir sur l'utilisation de cette thérapie pour la main. Les appareils présentés ont une base commune, mais possèdent des caractéristiques propres qui sollicitent différemment le patient et leurs effets n'ont pas encore été analysés.

Pour Lambercy le pouce est considéré comme le plus important des doigts. Par sa possibilité d'opposition, il est utilisé dans la quasi-totalité des prises de la main et sa participation est nécessaire dans la plupart des activités (12). Hwang et al. et Takahashi et al. le sollicitent avec leurs robots, cependant Altenmüller et al. constatent des résultats significatifs alors que son appareil ne sollicite pas spécifiquement le pouce.

Hwang et al. et Altenmüller et al. ont ciblés un travail de dissociation des doigts tandis que Takahashi utilise lui un mouvement global d'ouverture et de fermeture.

Hwang et al. et Takahashi et al. ne font pas participer le membre supérieur sain et inhibe la partie proximale du membre lésé contrairement à Altenmüller et al.

D'après ces seules données, aucune conclusion ne peut être faite quant à la supériorité d'un type particulier de stimulation.

Ce travail s'intéresse cependant plus spécifiquement à la dissociation des doigts. En effet, Hwang et al. rapportent que les résultats de leur étude semblent meilleurs que ceux mesurés par Takahashi et al. Il avance donc l'hypothèse qu'un appareil permettant de travailler la dissociation des doigts est plus efficace qu'un appareil permettant seulement une ouverture/fermeture globale de la main. Lambercy (12) explique que le contrôle individuel de chaque doigt est fondamental pour les AVJ et que l'amélioration de ce contrôle est un des objectifs de la rééducation. Il propose d'utiliser plusieurs robots différents avec chacun un but spécifique (manipulations fines et écriture, dissociation des doigts, préhension grossière et manipulation). Il est en effet très compliqué de mettre au point un robot qui permettrait de travailler l'ensemble des déficiences retrouvées après un AVC. Il est plus simple de concevoir plusieurs appareils, chacun dévoués à une activité spécifique. Cela permet de cibler plus particulièrement la rééducation des patients en fonction de leurs limitations et de valoriser leurs complémentarités. Il est cependant difficile de proposer cette solution en centre de rééducation en raison du coût imposé par l'achat de plusieurs robots.

A ce titre, il est intéressant de développer des outils spécifiques sur site ou de détourner à des fins rééducatives certains systèmes existant rendant accessible la thérapie robotique au plus grand nombres.

Ce travail est à l'origine d'une réflexion en vue de la conception d'un tel appareil, grâce aux interfaces du jeu vidéo Guitar Héro. Ce jeu a été utilisé dans une étude clinique (28) qui avait pour objectif d'observer l'effet de l'utilisation intensive des muscles de la main sur le cortex moteur en comparant 2 groupes de sujet sains. Les auteurs ont l'effet d'un entraînement moteur non spécifique du membre supérieur pour l'un (l'utilisation du jeu Guitar Héro) à une immobilisation stricte pour l'autre groupe. Les potentiels évoqués moteurs et la stimulation magnétique transcranienne ont montrés des changements de l'excitabilité cortico-spinale lors de l'immobilisation, mais pas lors de la pratique de Guitar Héro. Les conditions expérimentales proposées à ces sujets sains était sur une période de 4 jours, et les explorations fonctionnelles n'intéressaient qu'un seul muscle. Aucune conclusion ne peut être faite pour un entraînement sur une période longue et sur une population d'hémiplégiques.

Les 2 appareils proposés ne peuvent s'adresser qu'à des patients avec des possibilités de motricité distale déjà présente. Leur utilisations n'a pas la prétention de se substituer à la rééducation, mais propose un entraînement ludique diversifiant la prise en charge. Un grand nombre de points communs est retrouvés avec les robots qui ont démontré leur efficacité. L'absence d'aide au mouvement a surtout pour conséquence de réduire la population ciblée, en excluant les patients qui n'ont pas une motricité suffisante. Même si la facilitation des mouvements permet de meilleurs résultats, Takahashi suggère qu'une augmentation du temps de pratique avec un système mécanique annonce les mêmes effets. La deuxième différence principale est que les interfaces proposées sollicitent les doigts dans un travail quasiment statique. Aucun des appareils étudiés n'utilise ce type de contraction empêchant d'évaluer l'importance du travail dynamique dans cette thérapie.

A l'instar de l'appareil d'Altenmullër, le jeu Guitar Héro est considéré comme une thérapie musicale. Cette thérapie facilite une intégration audiomotrice nécessaire lors de la pratique de la musique. Amengual (29) suggère que cette intégration peut être un mécanisme additionnel qui contribue à l'amélioration motrice en facilitant les mécanismes de neuroplasticité.

7. CONCLUSION

L'atteinte de la main, suite à un AVC, a un retentissement important sur la qualité de vie des patients et la récupération de sa fonction est un des challenge les plus difficile de la rééducation (30). Les déficiences de celle-ci ont une incidence négative sur l'utilisation de l'ensemble du membre supérieur. Sa prise en charge n'est cependant pas simple, notamment en phase précoce lorsqu'il n'y a que peu de motricité. Si les mécanismes de plasticité cérébrale, comme le suggère Roiha, sont les plus efficaces lors du premier mois post-AVC (17), les objectif de la rééducation sont alors de solliciter les segments déficients le plus précocement possible et ce de manière intensive, répétitive et orientée sur la tâche afin de stimuler ces mécanismes de neuroplasticité (18).

La thérapie robotisée centrée sur la main facilite la prise en charge tout en proposant un travail ludique. Son efficacité sur le plan moteur et sur le plan fonctionnel a été démontrée (8-14-25). Des études complémentaires sont néanmoins attendues afin de distinguer l'influence sur l'apprentissage moteur de différentes modalités d'entraînement en fonction des outils divers utilisés dans cette thérapie.

Concernant les appareils proposés, des essais cliniques avec des groupes de patients hémiplésiques sont nécessaire afin de mieux connaître les effets de ces appareils sur la motricité. Si ceux-ci sont efficaces, ils peuvent avoir un double rôle dans la rééducation du

patient. En centre de rééducation dans un premier temps, puis lors du retour à domicile. En effet, de nombreux patients voient leurs capacités diminuée une fois rentré (5). Il est alors important de pouvoir mettre en place des techniques qui sollicitent de manière intensive le membre supérieur et qui nécessitent peu d'interventions de soignants. Ces systèmes, par leurs facilités de mise en place et d'utilisation semblent naturellement indiqués.

8. BIBLIOGRAPHIE

1. De Peretti C. Prévalence des accidents vasculaires cérébraux et de leurs séquelles et impact sur les activités de la vie quotidienne : apports des enquêtes déclaratives Handicap-santé-ménages et Handicap-santé-institution, 2008-2009. Bulletin épidémiologique hebdomadaire, Institut de veille sanitaire. 2012.
2. Bleyenheuft Y, Thonnard J-L. Tactile spatial resolution in unilateral brain lesions and its correlation with digital dexterity. *J Rehabil Med.* févr 2011;43(3):251-256.
3. Schabowsky CN, Godfrey SB, Holley RJ, Lum PS. Development and pilot testing of HEXORR: hand EXOskeleton rehabilitation robot. *J Neuroeng Rehabil.* 2010;7:36.
4. Hesse S, Werner C, Pohl M, Mehrholz J, Puzich U, Krebs HI. Mechanical arm trainer for the treatment of the severely affected arm after a stroke: a single-blinded randomized trial in two centers. *Am J Phys Med Rehabil.* oct 2008;87(10):779-788.
5. Robertson J.V.G, Regnux J-P. Description et évaluation de l'efficacité des traitements pour la récupération motrice chez le sujet hémiplegique : une approche justifiée. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Kinésithérapie-Médecine physique-Réadaptation, 2011 :26-320-A-10
6. Adamovich SV, Fluet GG, Mathai A, Qiu Q, Lewis J, Merians AS. Design of a complex virtual reality simulation to train finger motion for persons with hemiparesis: a proof of concept study. *J Neuroeng Rehabil.* 2009;6:28.
7. Duret C. Rééducation neurovasculaire du membre supérieur et robotique : une thérapie émergente prometteuse. *Journal de Réadaptation Médicale : Pratique et Formation en Médecine Physique et de Réadaptation.* avr 2008;28(1):21-27.
8. Kazemi H, Kearney RE, Milner TE. A robotic interface to train grip strength, grip coordination and finger extension following stroke. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 2012;2012:3903-3906.
9. Altenmüller E. Neural Reorganization underlies improvement in stroke-induced motor dysfunction by music-supported therapy. *The Neurosciences and Music III—Disorders and Plasticity: Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1169: 395–405). 2009 New York Academy of Sciences.
10. Duret C. Apports des dispositifs robotisés à la rééducation du membre supérieur hémiplegique. *Revue Neurologique.* mai 2010;166(5):486-493
11. Hu XL, Tong KY, Wei XJ, Rong W, Susanto EA, Ho SK. The effects of post-stroke upper-limb training with an electromyography (EMG)-driven hand robot. *J Electromyogr Kinesiol.* oct 2013;23(5):1065-1074.

12. Lambercy O. Robot-Assisted Rehabilitation of Forearm and Hand Function After Stroke [Internet] [Thesis]. 2009 [cité 24 oct 2013]. Disponible sur: <http://scholarbank.nus.edu.sg/handle/10635/12956>
13. Hesse S, Kuhlmann H, Wilk J, Tomelleri C, Kirker S. A new electromechanical trainer for sensorimotor rehabilitation of paralysed fingers: a case series in chronic and acute stroke patients. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. 2008;5:21.
14. Hwang CH, Seong JW, Son D-S. Individual finger synchronized robot-assisted hand rehabilitation in subacute to chronic stroke: a prospective randomized clinical trial of efficacy. *Clin Rehabil*. août 2012;26(8):696-704.
15. Lum PS, Godfrey SB, Brokaw EB, Holley RJ, Nichols D: Robotic approaches for rehabilitation of hand function after stroke. *Am J Phys Med Rehabil* 2012; 91(Suppl):S242YS254
16. Cruz EG, Kamper DG. Use of a novel robotic interface to study finger motor control. *Ann Biomed Eng*. févr 2010;38(2):259-268.
17. Roiha K. Reorganization of the primary somatosensory cortex during stroke recovery. *Clinical Neurophysiology* 122 (2011) 339-345
18. Oujamaa L, Relave I, Froger J, Mottet D, Pelissier J-Y. Rehabilitation of arm function after stroke. Literature review. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. avr 2009;52(3):269-293.
19. Askim T, Indredavik B, Håberg A. Internally and externally paced finger movements differ in reorganization after acute ischemic stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. oct 2010;91(10):1529-1536.
20. Lang CE, DeJong SL, Beebe JA. Recovery of thumb and finger extension and its relation to grasp performance after stroke. *J Neurophysiol*. juill 2009;102(1):451-459.
21. Taberi H, Rowe JB, Gardner D, Chan V, Reinkensmeyer DJ, Wolbrecht ET. Robot-assisted Guitar Hero for finger rehabilitation after stroke. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2012;2012:3911-3917.
22. Hsu H-Y, Lin C-F, Su F-C, Kuo H-T, Chiu H-Y, Kuo L-C. Clinical application of computerized evaluation and re-education biofeedback prototype for sensorimotor control of the hand in stroke patients. *J Neuroeng Rehabil*. 2012;9:26.
23. Shindo K, Kawashima K, Ushiba J, Ota N, Ito M, Ota T, et al. Effects of neurofeedback training with an electroencephalogram-based brain-computer interface for hand paralysis in patients with chronic stroke: a preliminary case series study. *J Rehabil Med*. oct 2011;43(10):951-957.

24. Fischer H, Stubblefield K, Kline T, Luo X, Kenyon R, Kamper D. Hand rehabilitation following stroke: a pilot study of assisted finger extension training in a virtual environment. *Topics in stroke rehabilitation*. 2007;14(1):1-12.
25. Takahashi CD, Der-Yeghiaian L, Le V, Motiwala RR, Cramer SC. Robot-based hand motor therapy after stroke. *Brain*. févr 2008;131(Pt 2):425-437.
26. Laffont I, Van Dokkum L, Froger J, Mottet D, Pelissier J. Techniques émergentes de rééducation de la motricité après AVC. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. oct 2012;55:e144-e145.
27. HAS. Accidents vasculaire cérébrale: méthodes de rééducation de la fonction motrice chez l'adulte. Juin 2012. http://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_1334330/fr/accident-vasculaire-cerebral-methodes-de-reeducation-de-la-fonction-motrice-chez-l-adulte (page consultée le 07/01/2014)
28. Ngomo S, Leonard G, Mercier C. Influence of the amount of use on hand motor cortex representation: effects of immobilization and motor training. *Neuroscience*. 18 sept 2012;220:208-214.
29. Amengual JL, Rojo N, Veciana de Las Heras M, Marco-Pallarés J, Grau-Sánchez J, Schneider S, et al. Sensorimotor plasticity after music-supported therapy in chronic stroke patients revealed by transcranial magnetic stimulation. *PLoS ONE*. 2013;8(4):e61883.
30. Osu R, Otaka Y, Ushiba J, Sakata S, Yamaguchi T, Fujiwara T, et al. A pilot study of contralateral homonymous muscle activity simulated electrical stimulation in chronic hemiplegia. *Brain Inj*. 2012;26(9):1105-1112.

9. ANNEXES

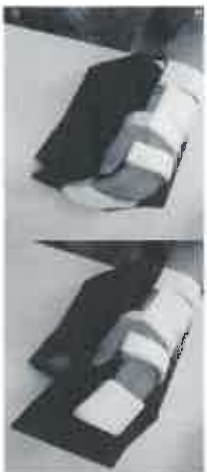
Annexe I : Tableau récapitulatif des études réalisées sur les appareils présentés

Titre /Articles Auteurs/Années	Populations Cibles Critères d'inclusion/d'exclusion	Durée Traitements	Méthodes/Protocoles Outils Utilisés	Résultats
A new electromechanical trainer for sensorimotor rehabilitation of paralyzed fingers: a case series in chronic and acute stroke patients Hesse 2008	<p>8 patients</p> <p><u>Critères d'inclusion:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • AVC récent (entre 4 et 6 semaines) • Barthel Index entre 55 et 70 • MS Flasque • Incapacité d'extension active du poignet ou des doigts • Score de Fugl Meyer entre 5 et 18 • Atteinte sensitif nul ou légère <p><u>Critères d'exclusion :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Douleur de la main • Arthrite de la main • Œdème de la main 	<p>20minutes par séances 5x/sem Pendant 4 semaines</p>	<p>Outil utilisé : Finger Trainer mobilise passivement la main en ouverture/fermeture. 4 compartiments individualisés pour chaque doigt (sauf le pouce).</p> <p>Protocole : Patients aléatoirement divisés en 2 groupes (4 patients chacun) :</p> <p><u>Groupe A :</u> 20 minutes de « Finger Trainer » par jour pendant 4 semaines en plus de thérapie normale (45 minutes de physiothérapie et 30 minutes d'Ergothérapie par jour)</p> <p>La main atteinte est mobilisée dans l'appareil. La consigne donnée aux patients est d'être attentif aux mouvements des doigts, et si possible d'imaginer qu'ils réalisent eux-mêmes le mouvement.</p> <p><u>Groupe B :</u> Thérapie conventionnelle plus 20 minutes d'activité bi manuelle des MS</p>	<p>Le score distal de Fugl Meyer augmente significativement plus dans le groupe A que dans le groupe B</p> <p>Score Médian de Ashworth Modifié n'augmente pas dans le groupe A et augmente dans le groupe B</p> <p>Force des muscles testés augmente quasiment identiquement dans les 2 groupes.</p> <p>Un seul patient du groupe A n'a pas montré d'amélioration de la fonction active de la main.</p> <p>Indice de Barthel augmente dans les 2 groupes sans différences significatives.</p>



<p>A Robotic Interface to Train Grip Strength, Grip Coordination and Finger Extension Following Stroke</p> <p>Kazami 2012</p>	<p>Essais sur 2 personnes saines</p>		<p>Outils utilisés : Robot à 2 degrés de libertés : Prono-supination et ouverture/fermeture de la main. Permet de travailler la force musculaire. Permet de mesurer les différents paramètres (amplitude d'ouverture/fermeture et prono-sup, force exercée par les doigts) Outil est relié à un ordinateur, permettant d'avoir un feedback direct.</p>	 <p>Figure 1. A two DOF hand robot. Arrows indicate opening/closing and rotational movements of the end-effector.</p>
<p>Clinical Application of Computerized Evaluation and Rehabilitation Biofeedback Prototype for Sensorimotor Control of the Hand in Stroke Patients</p> <p>Hsu 2013</p>	<p>14 patients ayant fait un AVC. (57+/-12 ans). Un groupe contrôle sain, de sexe et âge équivalent</p> <p><u>Critères d'inclusion :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Lésion cérébrale unilatérale survenue il y a au moins 6 mois • Atteinte essentiellement sensitive • Possibilité de pincer le pouce index pour saisir un objet, et le soulever 	<p>15 minutes 3x/semaines Pendant 4 semaines</p> <p>+25 minutes de rééducation traditionnelle, 3x/semaines</p>	<p>Outil utilisé : Cube avec capteurs de pression et accéléromètre</p> <p>Protocole : Patient doit prendre un objet (capteur) grâce à une pince pouce-index, le faire décoller de 5 cm, le tenir 3 secondes en l'air puis le déposer. Puis même manœuvre en soulevant l'objet à 30cm.</p> <p>Les données collectées sont la force exercée par la pince durant la montée, et la force exercée pendant l'accélération maximale de l'objet. L'interface informatique donne un feedback en direct sur la force de préhension. La cible à atteindre est 94% de la force de préhension de la main saine pour le même exercice</p>	<p>Augmentation significative de la force de pincement</p> <p>Meilleures performances pour soulever des objets légers.</p> <p>Améliorations aux tests de fonction</p>  <p>Figure 2. Schematic diagram of the computerized evaluation and rehabilitation biofeedback (CBR) prototype.</p>

<p>Design of a Complex Virtual Reality Simulation to Train Finger Motion for Persons with Hemiparesis: a Proof of Concept Study Adamovich 2009</p>	<p>4 sujets (moyenne d'âge 51.5 ans) <u>Critères d'inclusion:</u> 10 degrés d'extension des doigts</p>	<p>90 minutes/jour ; entre 8 et 9 sessions</p>	<p>Outil utilisé Utilise un exosquelette associé à la simulation d'un piano qui comporte un feedback auditif visuel et tactile. Contient des partitions pouvant être joué avec une ou deux mains. Peut travailler le bras distalement et proximalelement en même temps ou seulement distalement Une assistance au mouvement est possible pour les plus atteints. La difficulté s'adapte en fonction du niveau du patient. Main est présenter sur l'écran avec la vue « 1ère personne » pour faciliter le feedback</p>	<p>Amélioration des 4 sujets pour la précision de frappe et augmentation du rythme Progression en unilatéral et en bilatéral 3 des 4 sujets ont démontré une habilité supérieur pour mouvoir leurs doigts indépendamment (dissociation) Jebsen test of hand function : 2 sujets les moins atteints ont progressé Wolf Motor function test : 2 ont légèrement progressé et un a progressé significativement Le 4eme a eu une augmentation de sa spasticité (température dépendante), le jour avant les dernières mesures, et a donc régressé dans les 2 tests</p>
--	--	--	--	--



<p>Effects of Neurofeedback Training with an Electroencephalogram-based Brain-computer Interface for Hand Paralysis in Patients with Chronic Stroke: a Preliminary Case Study</p> <p>Shinada 2011</p>	<p>8 patients (moyenne d'âge 59 ans)</p> <p><u>Critères d'inclusions:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Premier AVC, et unilatéral • AVC distant d'au moins 6 mois • Âge entre 20 et 80 ans • SIAS à moins de 3 • Mobilité passive de plus de 0° pour le poignet et plus de -10° pour les MCP • Possibilité de marcher seul avec ou sans aides techniques • Plus de 23 au « Mini-Mental state examination score » <p><u>Critères d'exclusion :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Amélioration de la fonction du bras dans les 3 derniers mois • Déficits cognitifs sévère • Déficits proprioceptifs majeur ou douleurs importantes du membre sup 	<p>1h par séance</p> <p>1-2 séances/semaines</p> <p>Pendant 4-7 mois</p> <p>Total d'environ 12-20 séances par patients</p>	<p>Outil utilisé: Ecran d'ordinateur devant le patients.</p> <p>Les doigts sont posés sur une orthèse mécanique permettant de mobiliser MCP</p> <p>Protocole : Séance divisé en 3 temps ;</p> <p><u>Contractions volontaire ;</u> Demande ouverture de la main pendant 3 secondes en alternant main atteinte et main saine (5 mouvements par main)</p> <p><u>Calibrage :</u> Demande d'ouverture de la main pendant 4 secondes ou repos de 4 secondes demandé aléatoirement. 20 de chaque (permet d'ajuster les paramètres EEG)</p> <p><u>Entraînements par feedback visuel :</u></p> <p>Doit imaginer une ouverture de la main pendant 5 secondes, ou repos pendant 5 secondes</p> <p>EEG permet de quantifier cette image du mouvement et de la retransmettre aux patients par une barre de performance verticale à l'écran.</p> <p>Aux 4ème entraînements, si bonne performance, une mobilisation des MCP, de 90 à 50° est associé</p>	<p>Diminution de la spasticité pour 2 patients</p> <p>5 Augmentation au Motor Activity Log</p> <p>Nouvelle activité à L'EMG</p> <p>Augmentation de l'excitabilité du cortex</p> 
--	--	--	---	---


<p>Hand Rehabilitation Following Stroke: A Pilot Study of Assisted Finger Extension Training in a Virtual Environment Fisher 2007</p>	<p>15 patients avec une hémiplégie chronique suite à un AVC. (entre 1 et 38 ans post AVC)</p> <p><u>Critères d'inclusion</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Score d'environ 24 à Fugl Meyer • Score de 2-3 dans la catégorie main du « Chedoke McMaster » <p><u>Critères d'exclusion</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pas d'atteintes cognitives importantes • Pas d'injection de toxine botulique dans les 6 derniers mois • Ne participe pas à un autre programme de réentraînement de l'extrémité supérieur 	<p>6 semaines 3x/sem Séances d'11 heures</p>	<p>Outils Utilisés : Patients sont répartis aléatoirement dans 3 groupes différents :</p> <p><u>Cable Orthosis</u> Permet d'assister extension des doigts par un système de câblage. 5 câbles sont reliés à l'extrémité de chaque doigt par le biais d'une attache sur un gant. Une flexion d'épaule ou une extension de coude permet d'assister l'extension des doigts</p> <p><u>Pneumatic Orthosis</u> ; permet d'assister extension des doigts par un système de gant pneumatique. Lorsque celle-ci se gonfle, elle assiste l'extension des doigts.</p> <p><u>Groupe contrôle</u> : Réalise les tâches de préhension/déplacement/relâchements mais sans aucune aide</p> <p>Protocole : Dans une séance d'11 heures, réalisation d'environ 30 préhensions d'objets, virtuel et réel.</p> <p>Objets virtuels sont représentés sur un Ordi. Ces objets doivent être saisis, déplacés et relâchés.</p> <p>Un feedback auditif encourage les patients à recruter leurs muscles extenseurs (mesurée par électromyographie)</p>	<p>Moins de temps pour réaliser WFMT</p> <p>Déplacement de bloc augmenté au BB</p> <p>Augmentation de Fugl Meyer</p> <p>Pas de différences significatives pour Ranchos Los Amigos ou mesures fonctionnelles (force de préhension, de flexion et d'extension, spasticité)</p>
---	---	--	---	--




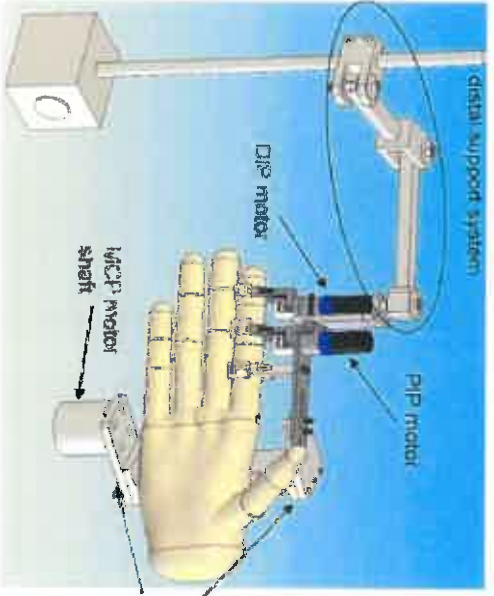
<p>Individual Finger Synchronized Robot-assisted Hand Rehabilitation in Subacute to Chronic Stroke: a Prospective Randomized Clinical Trial of Efficacy Hwang et Al 2012</p>	<p>Etude prospective contrôlée randomisée en simple aveugle avec groupes parallèles 17 patients</p> <p><u>Critères d'inclusion :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Patients âgés de + de 18ans • AVC de plus de 3 mois • Plus de 10° de mobilité active dans la MCP index • Fugl Meyer de 2-20 pour la partie du poignet et de la main. • 25% de temps en plus par rapport à la main saine pour les 9 trous du Pegboard Test <p><u>Critères d'exclusion :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Apraxie inférieur à 2 (Alexander Scale) • Troubles sensitifs • Spasticité importante (4 avec Aschworth) • Aphasie. (NIH stroke scale) • Dépression 	<p>5 séances/sem Pendant 4 semaines 2x20 minutes dans la séance avec 5 min de pause.</p>	<p>Outils Utilisés : Le robot Amadeo permet un mouvement individualisé des doigts, et autorise des degrés de liberté normaux. Le point d'attache se fait au bout des doigts. Le poignet est immobilisé avec un velcro, ce qui inhibe également le coude et l'épaule.</p> <p>Les informations sont transmises en temps réel à un ordinateur qui permet d'afficher un feedback pour le patient à l'écran. La synchronisation des doigts y est représentée par 5 colonnes.</p> <p>Protocole : Patients séparés en 2 groupes de manière aléatoire</p> <p><u>Full Term Intervention (FTI) :</u> 9 patients</p> <p>Une séance d'ouverture/fermeture pendant 20 minutes, 5 minutes de pause, puis réalité virtuelle avec des activités ludique pendant 20 minutes. La difficulté s'adapte aux niveaux des patients.</p> <p><u>Half-Term Intervention (HTI) :</u> 6 patients</p> <p>Entraînements passif pendant 2 semaines, puis même protocole que 1er groupe. Il n'y a pas d'autres traitements simultanément</p>	<p>Tous les patients ont montrés des progrès significatif à 2,4 et 8 semaines pour ces tests : Jebsen Taylor test, Fugl Meyer Scale, Gonio active MCP index, force de préhension et force de la pince pouce-index</p> <p>Les progrès sont significativement plus importants pour le groupe FTI que HTI a 8 semaines</p>
				

<p>Neural reorganization underlies improvement in stroke-induced motor dysfunction by music-supported therapy Altenmüller 2009</p>	<p>62 patients après AVC</p> <p><u>Critères d'inclusion:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Idem que thérapie contrainte du Membre Sup (en particulier patients pouvant mobiliser son bras et son index) • Index barthel supérieur à 50 • Temps du Nine Hole Pegboard Test inférieurs à la moyenne du temps de sujets sains • Pas d'expérience musicale antérieure <p><u>Critères d'exclusion</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Déficiets cognitifs sévères 	<p>5x/semaine</p> <p>Pendant 3 semaines</p> <p>30 minutes de rééducation standard plus 30 minutes de Musique</p> <p>Thérapie pour le groupe en question</p>	<p>Outils Utilisés : 2 outils différents. Un piano a 8 touches permettant de travailler la motricité fine, et une sorte de batterie à 8 « touches » circulaires de 20 cm de diamètre pour travailler la motricité grossière.</p> <p>Ces instruments se jouent avec les 2 mains. Ils sont reliés à un ordinateur qui permet un feedback auditif et visuel.</p> <p>Protocole : Patients séparée de manière pseudo-aléatoire en 2 groupes, de tels sorte que ces groupes ait un nombre de patients quasi-semblable et qu'ils comportent chacun le même nombre d'Hémiplégiques gauche et droite.</p> <p><u>Groupe contrôle (30 patients) :</u> Thérapie standard</p> <p><u>Groupe Musique (32 patients):</u></p> <p>Thérapie standard + Thérapie par Musique.</p> <p>La difficulté de la tâche s'adapte en fonction du patient. Différents niveaux sont proposé, si le patient réussit, il passe au niveau supérieur, s'il échoue, il recommence le niveau actuel</p>	<p>Amélioration pour le groupe « Musique » de tous les paramètres moteurs excepté la pronation/supination.</p> <p>Cette amélioration est accompagnée de changements significatifs en faveur d'une meilleure connexion corticale, et une meilleure activation du cortex.</p> <p>Pas d'amélioration dans le groupe contrôle</p>
--	---	---	---	---

<p>Robot based hand therapy after stroke Takaiushi et Al 2008</p>	<p>13 sujets avec une Hémiparésie chronique suite à un AVC</p> <p>Critères d'inclusion :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Être âgé de plus de 18 ans • Être droitier • Hémiparésie droite de plus de 3 mois • AU moins 10 degré de mobilité active dans la MCP de l'index • Score entre 2-20 pour la main à Fugl Meyer • Temps pour 9-hole pegboard test ne doit pas être supérieur de 25% au temps réalisé par la main saine <p>Critères d'exclusion</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apraxie • Réduction d'attention • Perte de sensibilité sévère • Ashworth supérieur ou égal à 4 • Aphasie sévère • Dépression 	<p>15 séances d'environ 1h30 5x/semaines pendant 3 semaines</p>	<p>Outil utilisé :</p> <p>Appareil robotique permettant une ouverture/fermeture de la main assisté ou non</p> <p>Protocole :</p> <p>2 groupes : <u>Actif Assisté</u> <u>Actif Non Assisté</u></p> <p>Commence les 7.5 premières séances par le mode non assisté de l'appareil, puis font les 7. Dernières séances avec le mode assisté</p> <p>30 minutes d'ouverture fermeture de la main, avec des consignes sur l'écran, puis après 15 minutes de pause, 30 minutes d'activité interactive.</p>	<p>Tous les sujets ont montré des gains significatifs, durable après un mois.</p> <p>Amélioration de ARAT, BB, Fugl Meyer, diminution de la spasticité</p> <p>IRMf : augmentation significative du volume de représentation de la tâche de préhension</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>
---	---	---	---	--

<p>Robot-assisted Guitar Hero for Finger Rehabilitation after Stroke Fisher et Al 2012</p>	<p>8 personnes après AVC (moyenne d'âge 56.5 +/- 13.8) (4 atteinte modérée, et 4 atteinte importante, d'après test FM et BB) 4 sujets de contrôle. (3.5 +/- 9.4)</p>	<p>Outils utilisés : Appareil robotique nommé FINGER associé au jeu vidéo Guitar Hero. Appareil se situant à la face dorsale de la main, et est attaché à la 2eme et 3eme phalange. 3 notes possibles : 1ère en fléchissant l'index, 2eme en fléchissant le majeur, 3eme en fléchissant les deux doigts simultanément. Une assistance est possible et s'ajuste en fonction des performances du patient Protocole : Laisse les gens se familiarisés avec l'utilisation de la machine, jusqu'à ce qu'ils arrivent à un score e 75% Patients doivent ensuite réaliser 2 fois la même chanson à différents niveaux de réussite imposée, 50%, 75 %, 100%. L'ordre des différents niveaux est présenté aléatoirement aux patients. Des notes sont « bloquées » et permettent de mesurer la force exercé par le patient, ainsi que déterminer la dissociation des doigts en comparant la force du doigt sensé réaliser la note et de celui sensé rester immobile</p>	<p>Force est moins élevée chez sujets gravement atteints Pas de différence significative pour le taux de réussite entre les sujets gravement atteints et les autres Sujets les plus atteints parviennent moins à dissocier leurs doigts</p> 
--	--	---	--

<p>Robot assisted rehabilitation of forearm and hand function Lambertcy 2009</p>	<p>1 patient, 63 ans, 2ans post-AVC, avec hémiplegie droite</p>	<p>8 semaines 16 séances 20 min/séances</p>	<p>HANDICARE Un câble est relié à chaque doigt. Exercices peuvent être fait selon modes, actif, passif, bloquée. Les doigts peuvent être mobilisés individuellement. Protocole Fermer la main contre la résistance ressenti en appliquant la même force avec les 5 doigts</p>	
<p>The effects of post stroke upper-limb training with an electromyography-driven hand robot Hu 2013</p>	<p>10 patients après AVC <u>Critères d'inclusion:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Être a plus de 6 mois d'une lésion cérébrale unilatérale dû à un AVC MCP et IPP ont 180° d'extension passive Spasticité des fléchisseurs coté a moins de 3 sur Ashworth Modifié Détection possible des muscles concernés a l'EMG 	<p>3-5 séances /semaines, pendant 7 semaines Environ 20 séances</p>	<p>Outil utilisé : Ouverture de la main est contrôlée par EMG des extenseurs des doigts. Fermeture de la main est contrôlée par EMG du Court abducteur du pouce. Protocole : Avant la session, 2 tâches sont demandé</p> <ol style="list-style-type: none"> Prendre une éponge située du côté atteint et la poser de l'autre coté, puis mouvement inverse Prendre l'éponge situé devant lui, la poser 17cm plus haut, puis la redescendre <p>Ces tâches sont réalisées 3 fois Puis, mêmes tâches avec le robot, 10 minutes par tâches, en moyenne 15 répétitions pour la tâche latérales, 12 pour tâches verticales. 20 minutes de repos entre les 2 sessions d'exercices.</p>	<p>Examen Clinique. Amélioration significative de Fugl Meyer (Epaule coude poignet main), ARAT, WMFT Diminution de MAS doigts. Diminution non significative de MAS coude et poignet EMG : Variation statistiquement significative de l'EMG pendant l'exercice avec et sans le robot. Diminution EMG de ED et FD lors de la tâche horizontale</p>

<p>Use of a Novel Robotic Interface to Study Finger Motor Control Cruz et al 2010</p>	<p>10 personnes (67,6+/-8,9) Critères d'inclusion : Handicap moteur de la main suite à un premier AVC de moins de 9 mois Amplitude passive des doigts supérieur ou égal à l'amplitude réalisée par le robot Pouvoir visuellement discerner la flexion et l'extension du doigt</p>	<p>64 cibles par mode d'entraînements, totale de 192 cibles</p>	<p>Outil utilisé : Exosquelette attaché à chaque phalange. Toutes les articulations peuvent bouger indépendamment les unes des autres. Position du doigt est représentée sur un écran en face du patient. La tâche consiste à déplacer le curseur représentant le doigt au même endroit qu'une cible placée aléatoirement. Quand patient sur la cible, un signal sonore retentit et la cible change de couleur. S'il n'arrive pas à aller sur la cible en moins de 12 secondes, un autre signal sonore retentit et la cible se change dans une 3eme couleur pour signaler l'échec. Poignet fixes, autres doigts relâché Protocoles : 3 modes sont possibles : Spring like extension (A pour but de simuler la présence d'un ressort à chaque articulation. Extension constante (assiste l'extension à chaque articulation) Passif (laisse les mouvements libre du doigt)</p>	<p>Extension constante permet meilleurs déplacements que mode « spring like » Sans assistance, patients couvrent en moyenne 30% de l'espace théorique maximale, et avec l'extension constante ils couvrent en moyenne 44%</p> 
---	---	---	--	--